

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-241143  
 (43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int. CI. C22C 38/00  
 B24C 1/10  
 C21D 7/06  
 C22C 38/40  
 F16F 1/02

(21)Application number : 10-326268 (71)Applicant : CHUO SPRING CO LTD  
 (22)Date of filing : 17.11.1998 (72)Inventor : NAKANO TOSHIHIRO  
 SAKAKIBARA TAKAYUKI  
 WAKITA MASAMI

## (30)Priority

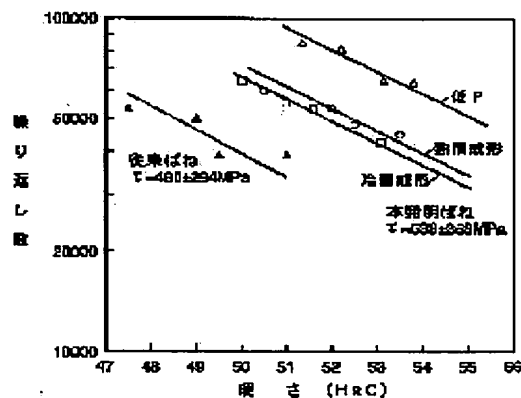
Priority number : 09333633 Priority date : 17.11.1997 Priority country : JP

## (54) SPRING IMPROVED IN CORROSION FATIGUE STRENGTH

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spring having high durability in an actual service environment and also having setting resistance equal to or higher than that of the conventional spring by improving corrosion fatigue strength.

SOLUTION: A sheet contains, by weight ratio, 0.35-0.55% C, 1.60-3.00% Si, 0.20-1.50% Mn,  $\leq 0.010\%$  S, 0.40-3.00% Ni, 0.10-1.50% Cr, 0.010-0.025% N, 0.05-0.50% V, and the balance essentially Fe, as material. This steel is subjected to heat treatment so that a hardness of HRC 50.5 to 55.0 is reached and then to warm shot peening so that a residual stress of  $\geq -600$  MPa is established in a position at a depth of 0.2 mm from the surface. Moreover, it is desirable that the temperature of a spring at shot peening is 100-300° C, and it is also desirable that the hardness of shorts at shot peening is Hv 450-600.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-241143

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
B 2 4 C 1/10		B 2 4 C 1/10 B
C 2 1 D 7/06		C 2 1 D 7/06 A
C 2 2 C 38/40		C 2 2 C 38/40
F 1 6 F 1/02		F 1 6 F 1/02 A
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)		

(21) 出願番号 特願平10-326268

(22) 出願日 平成10年(1998)11月17日

(31) 優先権主張番号 特願平9-333633

(32) 優先日 平9(1997)11月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000210986

中央発條株式会社

愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地

(72) 発明者 中野 智弘

愛知県海部郡美和町大字木田字西浦82番地

3号

(72) 発明者 榊原 隆之

愛知県岡崎市大門5丁目6-1

(72) 発明者 脇田 将見

名古屋市瑞穂区膳棚町3-4-1

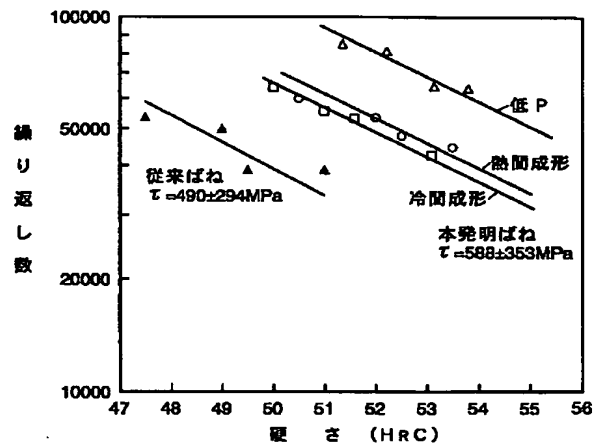
(74) 代理人 弁理士 小林 良平 (外1名)

(54) 【発明の名称】 耐腐食疲労強度を向上させたばね

(57) 【要約】

【課題】 耐腐食疲労強度を向上させることにより、実使用環境において高い耐久性を有し、また、従来と同等以上の耐へたり性を有するばねを提供する。

【解決手段】 重量比にしてC: 0.35~0.55%、Si: 1.60~3.00%、Mn: 0.20~1.50%、S: 0.010%以下、Ni: 0.40~3.00%、Cr: 0.10~1.50%、N: 0.010~0.025%、V: 0.05~0.50%を含有するとともに残部実質的にFeよりなる鋼を材料とし、硬さがHRC50.5~55.0となるように熱処理を行なった後、表面下0.2mmの位置で-600MPa以上の残留応力が発生するように温間でショットピーニングを施す。なお、ショットピーニング時のばねの温度は100~300℃が望ましく、ショットピーニングの際のショット球の硬さはHv450~600が望ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 重量比にして C : 0.35 ~ 0.55 %、Si : 1.60 ~ 3.00 %、Mn : 0.20 ~ 1.50 %、S : 0.010 % 以下、Ni : 0.40 ~ 3.00 %、Cr : 0.10 ~ 1.50 %、N : 0.010 ~ 0.025 %、V : 0.05 ~ 0.50 % を含有するとともに残部実質的に Fe よりなる鋼を材料とし、硬さが HRC 50.5 ~ 55.0 となるように熱処理を行なった後、表面下 0.2 mm の位置で -600 MPa 以上の残留応力が発生するように温間でショットピーニングを施したことを特徴とするばね。

【請求項 2】 上記材料の P 含有量を 0.010 % 以下とした請求項 1 記載のばね。

【請求項 3】 熱間でばねの成形を行う請求項 1 又は 2 に記載のばね。

【請求項 4】 冷間でばねの成形を行う請求項 1 又は 2 に記載のばね。

【請求項 5】 ショットピーニング時のばねの温度を 100 ~ 300 °C とした請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のばね。

【請求項 6】 硬さ Hv 450 ~ 600 のショット球を用いてショットピーニングを施す請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のばね。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、耐腐食疲労強度を向上させたばねに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 環境保護及び資源保護の観点より、自動車に対しては排出ガス中の有害物質の低減及び燃費の向上が強く要請されている。これらに対して大きく寄与するのが車体の軽量化であるため、車体を構成する各部品について軽量化への努力がたゆまず続けられている。自動車の懸架用ばね等においては、使用応力（設計応力）を高めることが軽量化に直結するが、使用応力上昇により問題となるのが疲労とへたりである。また、自動車に限らず、各種機械の要素として用いられるばねについても同様の問題がある。

【0003】 そこで、耐疲労性（耐久性）、耐へたり性を高めるために種々の合金元素を添加したばね材料が従来数多く提案されている。例えば、特開平 3 - 2354 号公報には、炭素量を低減し、Ni、Cr を添加し、そして N（窒素）を従来よりも多量に添加したばね鋼が提案されている。また、これらに加え、Nb、V、Mo の 1 種又は 2 種以上を添加することも提案されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 へたりについては、一般的に、材料の硬さを上げることにより、へたりを有効に減少させることができる。また、理想的な状態の下では、限度はあるものの、材料の硬さの上昇が耐疲労性の

向上につながる。しかし、例えば自動車懸架用のばねは自動車の車体の中でも最も水・泥等が付着しやすい箇所と、腐食の問題を第一に考えなければならない。腐食はばねの表面にピット（微小穴）を形成し、これを起点とした疲労破壊を引き起こすためである。

【0005】 本発明はこのような課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、耐腐食疲労強度を向上させることにより、実使用環境において高い耐久性を有し、また、従来と同等以上の耐へたり性を有するばねを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために成された本発明に係るばねは、

- 15 a) 重量比にして C : 0.35 ~ 0.55 %、Si : 1.60 ~ 3.00 %、Mn : 0.20 ~ 1.50 %、S : 0.010 % 以下、Ni : 0.40 ~ 3.00 %、Cr : 0.10 ~ 1.50 %、N : 0.010 ~ 0.025 %、V : 0.05 ~ 0.50 % を含有するとともに残部実質的に Fe よりなる鋼を材料とし、
- 20 b) 硬さが HRC 50.5 ~ 55.0 となるように熱処理を行なった後、
- c) 表面下 0.2 mm の位置で -600 MPa 以上の残留応力が発生するように温間でショットピーニングを施した、
- 25 ことを特徴とするものである。

【0007】 ここで、上記材料の P 含有量を 0.010 % 以下とすることにより、更に良好な効果を得ることができる。

- 30 【0008】 温間ショットピーニングとは、ばねを室温以上の温度に上昇させた状態でショットピーニングを施すことを意味するが、上記熱処理硬さが低下しないように、当然、熱処理（焼もどし）の温度よりは低温としなければならない。本発明者の実験によると、ショットピーニング時のばねの温度を 100 ~ 300 °C とすることにより、最も良好な腐食疲労強度が得られることが確かめられた。この温度は、更に望ましくは 200 ~ 250 °C とするとよい。

- 40 【0009】 上記硬さに調製したばねに温間ショットピーニングを施して上記のような残留応力状態を得るためには、硬さ Hv 450 ~ 600 のショット球を用いることが推奨される。この硬さは、更に望ましくは Hv 500 ~ 550 とするとよい。

## 【0010】

- 45 【発明の実施の形態】 腐食疲労による破壊の主な原因としては、（1）鋼の遅れ破壊現象、（2）腐食による表面ピット（微小穴）の生成、及び、（3）長期間の使用による残留応力値の低下、が考えられる。

- 50 【0011】 遅れ破壊は高強度鋼に特有の現象であり、鋼に応力が付加されている際、表面に付着した水分や大

気中の水蒸気から鋼中に水素が侵入し、結晶粒界や析出物と素地との境界等の不規則部分に集積して圧力を高め、ミクロな亀裂から最終的に破断に至るというものである。各種ばねに用いられる材料は近年特に高強度化が進んでおり、使用時には従来よりも高い応力が負荷されるようになっており、上述の通り水分等が付着しやすい環境で使用されるため、腐食疲労強度の向上には材料の遅れ破壊特性を十分考慮する必要がある。

【0012】腐食による表面ピットは応力集中源となり、疲労強度を著しく低下させる。これに対しては、腐食ピットをできるだけ生成させない、或いは、生成しても応力集中がなるべく少なくなるような形態で生成させるようにすることが一方の方策であり、他方には、腐食ピットが存在しても、そこから亀裂が生じにくいように材料側で対策を施しておくことが重要である。

【0013】ばねの場合、残留応力はショットピーニングにより付与されるものであるが、それを詳しく説明す

成分含有量 (質量%)

	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	N	V
本発明ばね用材料	0.35 ～ 0.55	1.60 ～ 3.00	0.20 ～ 1.50	0.010 以下	0.40 ～ 3.00	0.10 ～ 1.50	0.010 ～ 0.025	0.05 ～ 0.50
JIS-SUP7	0.65 ～ 0.65	1.80 ～ 2.20	0.70 ～ 1.00	0.035 以下	—	—	—	—

【0015】まず、C含有量をJIS-SUP7鋼（以下、従来鋼と呼ぶ）よりも低い範囲に設定した。これは、硬さ（強度）を同じにした場合、C含有量を多くするよりも、C含有量を低下させて合金元素の含有量を増加した方が靱性が向上するためである。靱性の向上は、腐食ピットからの疲労亀裂の生成及び進展速度を低下させることにより、本発明が目的とする腐食疲労強度の向上に大きく寄与する。なお、C含有量の下限を0.35%としたのは、これ以下では、他の合金元素を最大限添加したとしても、熱処理後上記の硬さを得ることが難しいためである。また、上限を0.55%としたのは、これ以上含有させると材料の靱性が著しく劣化するためである。

【0016】Siは耐へたり性向上に効果を有することが知られている。従って、耐へたり性をより向上させるために、本発明ではSi含有量の上限を従来鋼よりも高い値とした。ただし、Siは鋼の表面脱炭を助長する元素であり、3.00%を超えて含有させると、熱処理時の脱炭が無視し得ないものとなる。この場合、表面において上記硬さや残留応力値を得ることが困難となるため、上限をこのように規定した。

【0017】Mnは焼入性向上に効果を有する元素である。ばねの中心まで十分な焼入・焼もどしを行なうのは、下記Ni等の合金元素による材料の靱性向上効果を十全に発揮させる上で必須の条件である。Mnが0.2%未満では大径のばねの場合、中心まで十分な焼入が得られないため、下限を0.2%とした。しかし、1.5

ると、ショットピーニングにより表面が塑性変形すると、それよりも下層の塑性変形しない部分との間で変形度に差異が生じ、それによる歪が表面に圧縮の残留応力を生成するものである。従って、腐食により表面層が除去され、或いは表面に微小亀裂が生じると、歪が小さくなり、残留応力値が減少する。

【0014】現在、ばねの材料としては、JIS-SUP7鋼、或いはそれにNb、Vを添加したものが多く用いられているが、本発明に係るばねの材料としては、それらよりも更に高応力用として開発された上記特開平3-2354号公報に記載された鋼とほぼ同じものを用いることとした。各成分含有量の上限及び下限設定理由は次の通りである。なお、参考のために、JIS-SUP7鋼と、本発明のばねで用いる材料の各成分含有量を表1に対比して示す。

【表1】

%を超えて含有させても、通常用いられる大きさのばねにおいては焼入性向上効果が飽和するとともに、靱性の劣化が問題となるため、上限を1.5%とした。

【0018】Sは鋼中でMnと結合して鋼に不溶のMnSとなる。MnSは塑性変形しやすいため、圧延等により延伸して衝撃・疲労等による破壊の起点となりやすい。そこで、本発明ではSの上限を0.010%とすることにより、硬さが上昇したときの靱性及び耐疲労性が従来並みとなるようにした。

【0019】Niは鋼の靱性向上に効果を有するとともに、鋼の腐食を抑制する効果を有する。腐食の抑制は、上記の通り、腐食ピット生成の防止と、残留応力の減少の防止という両面からばねの腐食疲労強度を向上させる。このようなNiの効果は0.4%以上含有させないと得ることができない。しかし、3%を超えて含有させても、靱性向上効果は飽和する一方、逆に、オーステナイト安定化元素であることから、焼入時にオーステナイトを残留させ、マルテンサイトへの変態を不完全にするおそれがある。また、高価であるため、ばねのコストを大きく押し上げる要因ともなる。従って、上限を3%とした。

【0020】CrはMn同様、焼入性向上に効果を有するとともに、表面脱炭を抑制する効果を有する。0.1%未満ではこのような効果が殆ど期待できないため、下限を0.1%とした。しかし、1.5%を超えて含有させてもこのような効果が飽和してしまう上、焼もどし組織を不均一にするという弊害が生ずる。このため上限を

1. 5%とした。

【0021】Nは鋼中のAlと結合してAlNとなり、微細な粒子として鋼中に析出する。これにより結晶粒の成長が妨げられるため、Nは鋼の結晶粒を微細化するのに大きな効果を有する。このような効果を得るためには0.01%以上のNを含有させる必要がある。しかし、N含有量が多すぎると、鋼の製造時（凝固・冷却時）に鋼中でN<sub>2</sub>ガスとして発生し、鋼の内質を劣化させる。従って、その上限を0.025%とした。

【0022】Vは、Cと結合して微細なVC（炭化バナジウム）として鋼中に析出し、上記AlNと同様に結晶粒を微細化させて鋼の靱性を高める。また、このような微細炭化物を鋼中に多数分散させることにより、外部から侵入したH（水素）が集積する場所を分散させ、上記遅れ破壊の生成を抑制することができる。このような効果を得るためには、Vを0.05%以上含有させる必要がある。しかし、0.5%を超えて含有させると、VCの析出サイトの数が増加することなく、VCが肥大化するだけとなってしまう、そのような効果が得られなくなる。従って上限を0.5%とした。

【0023】Pは、鋼の靱性を低下させる。従って、その含有量を0.010%以下とすることにより、材料の靱性を向上させ、ひいては本発明に係るばねの腐食疲労強度を向上させる効果が得られる。特に、本発明に係るばねは従来よりも高硬度で使用するものであるため、靱性の向上は特に重要なものとなる。

【0024】次に、本発明に係るばねでは、熱処理（焼入・焼もどし）後の硬さを、従来のばねの一般的な硬さ範囲であるHRC49～52よりも高くして、HRC5

0.5～55.0とした。これは、使用応力（設計応力）の向上に対応してへたりを同等以上に抑えつつ、疲労強度を高めるためであるが、このように硬さを高めても、上記の各種合金元素添加により、材料自体の靱性が向上しているため、疲労強度の低下を生ずることはない。

【0025】また、表面下0.2mmの位置における残留応力値を-600MPa以上と規定したが、これは、上記硬さの鋼を適切な条件で温間ショットピーニング処理することにより、十分に得ることができる。最表面ではなく、それよりも0.2mm下の位置における残留応力をこのようにしておくことにより、表面が腐食した場合の表面残留応力の低下を効果的に防止し、腐食疲労強度の低下を最小限に抑えることができる。

【0026】

【実施例】〔材料試験結果〕耐腐食性、耐遅れ破壊性、及び靱性に関して、本発明ばねの材料自体の特性を従来ばね用材料であるSUP7との対比で試験した。使用した材料の化学組成を表2に示す。表2において、本発明ばね用材料Aは、上記成分範囲内でV含有量を低くしたものであり、材料CはC（炭素）含有量及びS（イオウ）含有量を低くしたものである。また、材料DはP（リン）含有量を低くしたものである。各材料の硬さは、それぞれの使用状態を考慮して、本発明ばね用の材料はいずれもHRC53.5となるように、SUP7はHRC51となるように、それぞれの焼もどし温度を調整した。

【表2】

試験材料の成分含有量（質量%）

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	V
本発明ばね用材料A	0.55	1.95	0.99	0.013	0.010	0.50	0.20	0.0116	0.09
本発明ばね用材料B	0.53	2.00	0.70	0.015	0.010	0.55	0.20	0.0140	0.20
本発明ばね用材料C	0.47	1.98	0.71	0.014	0.005	0.55	0.20	0.0120	0.20
本発明ばね用材料D	0.53	2.01	0.98	0.008	0.006	0.49	0.20	0.0110	0.10
従来ばね用材料（SUP7）	0.60	1.97	0.90	0.014	0.019	—	—	—	—

【0027】（1）遅れ破壊

ノッチを付けた試験片に、電解処理により各材料に積極的に水素を注入し、50～120kgf/mm<sup>2</sup>の各種応力を負荷させた状態で放置した。各材料において、100時間放置しても遅れ破壊が生じない最大の負荷応力をσ<sub>100</sub>とし、水素を注入しない場合のσ<sub>100N</sub>と水素を注入した場合のσ<sub>100H</sub>との比RH

$$RH = \sigma_{100H} / \sigma_{100N}$$

により耐遅れ破壊特性を評価した。結果は図1に示す通

りであり、本発明ばね用材料は、V含有量が下限に近い材料Aでも、従来鋼であるSUP7よりも30%以上高い強度比を有していることがわかった。

【0028】（2）靱性

各材料のシャルピー衝撃試験を行なった結果は図2に示す通り、C（炭素）、S（イオウ）含有量が上限に近い材料Bでも、本発明ばね用材料は硬さの低い従来鋼SUP7よりも15%近く高い靱性値を有していることがわかった。

【0029】〔ばね試験結果〕以下は、表3に示すような工程で製造した、表4に示すような諸元を有するばねについて試験をした結果である。

2 (VIM) 溶解 → 分塊・大形圧延 (130S) → 中小形圧延 → 切削加工 → 成形加工  
→ 焼入れ → 焼もどし → セッチング  
→ 温間ショットピーニング → テンパー → セッチング

【表4】

ばね形状	線径 (mm)	コイル径 (mm)	自由長 (mm)	有効巻数 (巻)	ばね定数 (N/mm)
両端OPEN 円筒形	φ11	φ100	311	5.29	27.2

【0030】なお、表3における「成形加工」には、熱間成形加工と冷間成形加工の2種が含まれる。

#### 【0031】(3) 腐食

下記腐食サイクルを最高35回繰り返した場合の、各繰り返し回数におけるばねの最大腐食深さを調査した。

腐食サイクル：(塩水噴霧3時間+乾燥21時間)

腐食サイクルの回数と最大腐食深さの関係を図3に示す。10回以上の腐食サイクルを繰り返した後は、本発明ばねは明らかに従来ばねよりも腐食の進行が遅いことがわかる。従って、例えば自動車の懸架ばねとして使用した場合、本発明に係るばねは、長期間使用した後の疲労強度の低下が特に抑制される。

#### 【0032】(4) 残留応力

焼もどし後のばねを250℃に加熱して温間ショットピーニングを施し、室温に戻した後の表面からの残留応力分布をX線法により測定した。なお、ショット球は硬さHv520のものを用いた。その結果、図4に示すように、本発明ばねは全般的に従来ばねよりも高い内部残留応力値を有することが分かった。特に、表面から0.2mm(200μm)の深さに着目すると、従来ばねでは430MPa程度まで下がっているのに対し、本発明ばねでは未だ800MPaという高い値を保持している。これにより、表面からの腐食による残留応力の減少が、従来鋼よりも遥かに小さく抑えられる。

【0033】また、温間ショットピーニングの効果をより明らかにするため、ショットピーニングを施す際のばねの温度を常温と200～300℃に変化させた場合の残留応力分布の関係を調査した。その結果、図5に示すように、温間でショットピーニングを施すことにより、表面の圧縮残留応力の値及び最大圧縮残留応力の値が増加するほか、特に、表面よりやや深い部分での残留応力の値が大きくなることが明かとなっている。これは、腐食後の疲労強度の向上に大きく寄与しているものと考えられる。

#### 【0034】(5) 耐へたり性

この試験は、焼もどし温度を変化させることによりばねの硬さを種々に変えて行なった。なお、本発明ばねの方が使用応力(設計応力)が高くなることを考慮して、締め付け応力は、従来ばねが $\tau = 1000\text{MPa}$ であるのに対して本発明ばねは $\tau = 1200\text{MPa}$ とした。ま

た、へたりを加速させるために、試験条件は80℃×96時間とした。結果は図6に示すとおり、本発明ばねは高応力で締め付けられたにも拘らず、へたり量(残留剪断歪)は従来ばねの約半分となっている。

#### 15 【0035】(6) 腐食疲労

同様に各種硬さに調製したばねについて、塗装を施さない状態での腐食疲労試験を行なった。ここでも、使用応力(設計応力)の違いを考慮して、試験応力は、従来ばねでは $\tau = 490 \pm 294\text{MPa}$ と低く抑え、本発明ばねは $\tau = 588 \pm 353\text{MPa}$ と高くした。その結果、図7に示す通り、本発明ばねは全体として平均応力及び応力振幅が大きいにも拘らず、従来ばねと同等程度の腐食疲労寿命を有することがわかった。特に、P含有量を低下させた材料Dを用いた本発明ばねは、高い疲労強度特性を示している。また、本発明ばねの腐食疲労強度は、その成形方法(冷間・熱間)に拘らず良好であることも明かとなっている。温間ショットピーニングは耐腐食疲労性の向上をねらった手法であるが、耐久性が必要な場合には2段目のショットピーニングを常温にて行う。それにより表面粗さが小さくなり、耐久性が向上する。

#### 【0036】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明に係るばねでは、合金元素含有量を適切に設計することにより材料自体に十分な強度、靱性、耐腐食性を付与するとともに、熱処理後の硬さ、温間ショットピーニング処理及びそれによる残留応力値を規定したことにより、従来よりも高応力で使用しても従来と同等若しくはそれ以上の耐へたり性、耐腐食疲労強度を確保することができる。従って、本発明に係るばねを使用することにより、従来通りの性能を確保しつつ、設計応力を高め、ばねの重量を低減することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 遅れ破壊試験結果のグラフ。

45 【図2】 シャルピー衝撃試験結果のグラフ。

【図3】 腐食試験結果のグラフ。

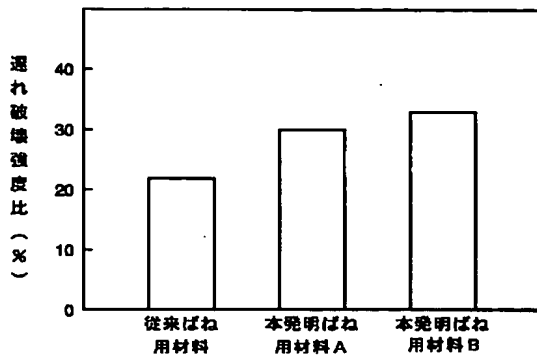
【図4】 表面からの深さと残留応力の関係を示すグラフ。

50 【図5】 温間ショットピーニング時の温度と残留応力の関係を示すグラフ。

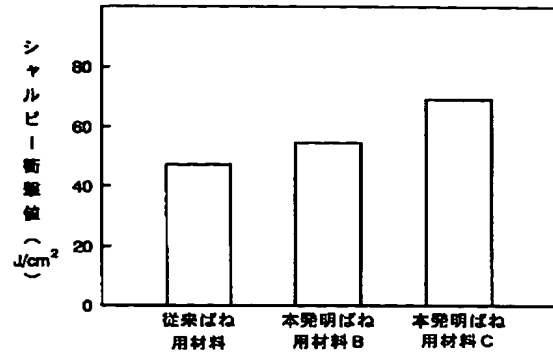
【図 6】 へたり試験結果のグラフ。

【図 7】 腐食疲労試験結果のグラフ。

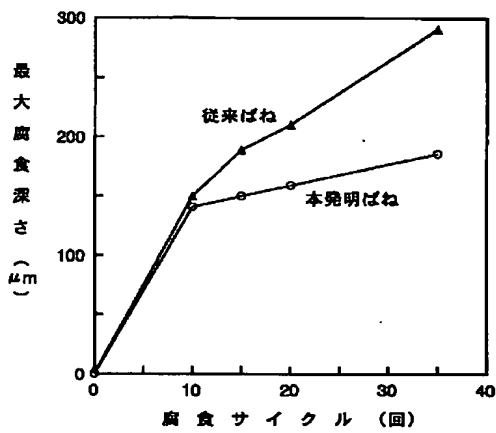
【図 1】



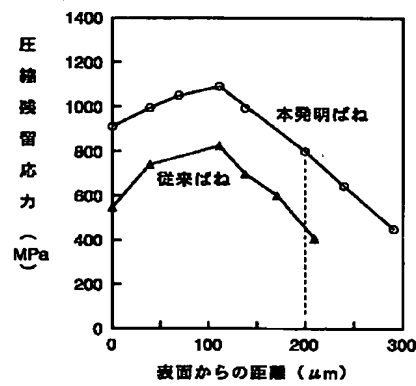
【図 2】



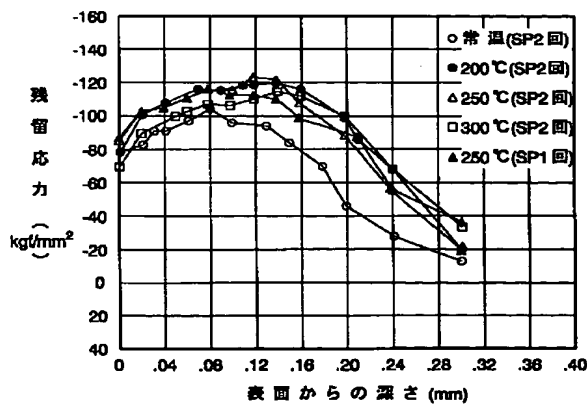
【図 3】



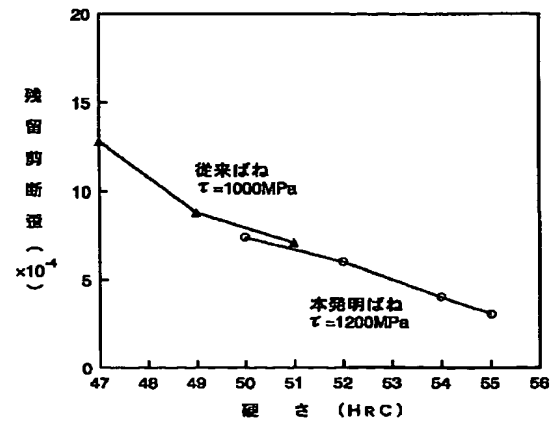
【図 4】



【図 5】

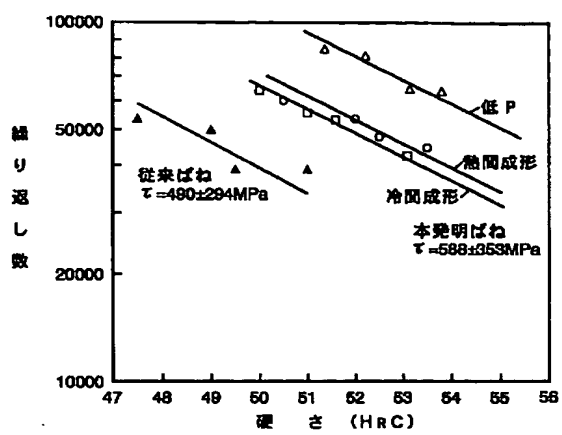


【図 6】





【図 7】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-241143

(43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int.Cl.

C22C 38/00  
B24C 1/10  
C21D 7/06  
C22C 38/40  
F16F 1/02

(21)Application number : 10-326268

(71)Applicant : CHUO SPRING CO LTD

(22)Date of filing : 17.11.1998

(72)Inventor : NAKANO TOSHIHIRO  
SAKAKIBARA TAKAYUKI  
WAKITA MASAMI

(30)Priority

Priority number : 09333633 Priority date : 17.11.1997 Priority country : JP

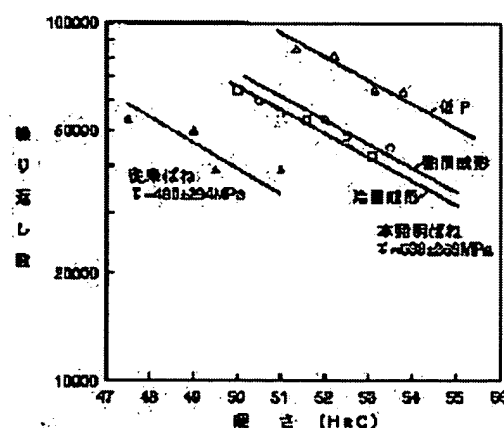
## (54) SPRING IMPROVED IN CORROSION FATIGUE STRENGTH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spring having high durability in an actual service environment and also having setting resistance equal to or higher than that of the conventional spring by improving corrosion fatigue strength.

SOLUTION: A sheet contains, by weight ratio, 0.35-0.55% C, 1.60-3.00% Si, 0.20-1.50% Mn,  $\leq 0.010\%$  S, 0.40-3.00% Ni, 0.10-1.50% Cr, 0.010-0.025% N, 0.05-0.50% V, and the balance essentially Fe, as material.

This steel is subjected to heat treatment so that a hardness of HRC 50.5 to 55.0 is reached and then to warm shot peening so that a residual stress of  $\geq 600$  MPa is established in a position at a depth of 0.2 mm from the surface. Moreover, it is desirable that the temperature of a spring at shot peening is 100-300°C, and it is also desirable that the



hardness of shorts at shot peening is Hv 450-600.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is made a weight ratio. C:0.35 - 0.55%, Si:1.60-3.00%, Mn: 0.20-1.50%, S:0.010% or less, nickel:0.40-3.00%, Are made from the steel which becomes a remainder real target from Fe while containing Cr:0.10-1.50%, N:0.010 - 0.025%, and V:0.05 - 0.50%. The spring characterized by performing shot peening between \*\* so that the residual stress of -600 or more MPas may occur under a front face in the location of 0.2mm after heat-treating so that hardness may serve as HRC 50.5-55.0.

[Claim 2] The spring according to claim 1 which made P content of the above-mentioned ingredient 0.010% or less.

[Claim 3] The spring according to claim 1 or 2 which fabricates a spring between heat.

[Claim 4] The spring according to claim 1 or 2 which fabricates a spring between the colds.

[Claim 5] The spring according to claim 1 to 4 which made temperature of the spring at the time of shot peening 100-300 degrees C.

[Claim 6] The spring according to claim 1 to 5 which performs shot peening using the shot ball of hardness 450-Hv 600.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the spring which raised corrosion fatigue strength-proof.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the viewpoint of environmental protection and resource protection, reduction of the harmful matter in an exhaust gas and improvement in fuel consumption are strongly demanded from the automobile. contributing greatly to these -- a car body -- lightweight -- since it is-izing, the efforts to lightweight-izing are not continuing not flaging about each part article which constitutes a car body. In the spring for suspension of an automobile etc., although heightening working stress (design stress) links with lightweight-ization directly, fatigue and setting pose a problem by working stress rise. Moreover, there is a problem with the same said of the spring used as an element of not only an automobile but various machines.

[0003] Then, in order to raise fatigue resistance (endurance) and setting-proof nature, many spring materials which added various alloy elements are proposed conventionally. For example, a carbon content is reduced to JP,3-2354,A, nickel and Cr are added to it, and the spring steel which added N (nitrogen) so much more than before is proposed. Moreover, in addition to these, adding one sort of Nb, V, and Mo or two sorts or more is also proposed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Generally about setting, setting can be effectively decreased by raising the hardness of an ingredient. Moreover, under an ideal condition, a limit leads to the improvement in fatigue resistance [ rise / of the hardness of an ingredient of a certain thing ]. However, since the spring for automobile suspension is that with which the part to which water, mud, etc. tend to adhere also in the car body of an automobile is equipped, if actual use is taken into consideration, it must consider the problem of corrosion in the first place, for example. Corrosion is for forming a pit (minute hole) on the surface of a spring, and causing fatigue breaking on the basis of this.

[0005] The place which accomplishes this invention in order to solve such a technical problem, and is made into the purpose is by raising corrosion fatigue strength-proof to offer the spring which has high endurance in a real operating environment, and has the setting-proof nature more than the former and an EQC.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The spring concerning this invention accomplished in order to solve the above-mentioned technical problem a) It is made a weight ratio. C:0.35 - 0.55%, Si:1.60-3.00%, Mn: 0.20-1.50%, S:0.010% or less, nickel:0.40-3.00%, Are made from the steel which becomes a remainder real target from Fe while containing Cr:0.10-1.50%, N:0.010 - 0.025%, and V:0.05 - 0.50%. b) After heat-treating so that hardness may serve as HRC 50.5-55.0, it is characterized by what shot peening was performed for between \*\* so that the residual stress of -600 or more MPas might occur under c front face in the location of 0.2mm.

[0007] Here, still better effectiveness can be acquired by making P content of the above-mentioned ingredient into 0.010% or less.

[0008] Although \*\*\*\* shot peening means performing shot peening where a spring is raised to the temperature beyond a room temperature, more naturally than the temperature of heat treatment (tempering), it must consider as low temperature so that the above-mentioned heat treatment hardness may not fall. According to the experiment of this invention person, it was confirmed by making temperature of the spring at the time of shot peening into 100-300 degrees C that the best corrosion fatigue strength is obtained. This temperature is good to consider as 200-250 degrees C still more desirably.

[0009] In order to perform shot peening between \*\* to the spring prepared to the above-mentioned hardness and to acquire the above residual-stress conditions, using the shot ball of hardness 450-Hv 600 is recommended. This hardness is good to be referred to as Hv 500-550 still more desirably.

[0010]

[Embodiment of the Invention] As main causes of destruction by corrosion fatigue, fall \*\* of the residual-stress value by the delayed fracture phenomenon of (1) steel, generation of the surface pit (minute hole) by (2) corrosion, and use of (3) long period of times can be considered.

[0011] Delayed fracture is a phenomenon peculiar to high-strength steel, when stress is added to steel, hydrogen invades into steel from the steam in the moisture adhering to a front face, or atmospheric air, irregular parts, such as the grain boundary and a boundary of a sludge and a base, are piled up, heightens a pressure, and, finally results [ from a micro crack ] in fracture. High intensity-ization is progressing in recent years, and in carrying out the load of the stress higher than before at the time of use, since especially the ingredient used for various springs is used in the environment where moisture etc. tends to adhere as above-mentioned, it needs to take the delayed fracture property of an ingredient into consideration enough for improvement in corrosion fatigue strength.

[0012] The surface pit by corrosion serves as a source of stress concentration, and reduces fatigue strength remarkably. Even if do not make a corrosion pit generate as much as possible or it generates it to this, it is one policy to make it make it generate with a gestalt whose stress concentration decreases if possible, and even if a corrosion pit exists in another side, it is important for it to cope with it by the ingredient side so that it may be hard to produce a crack from there.

[0013] In the case of a spring, residual stress is given by shot peening, but if it is explained in detail and a front face will deform plastically with shot peening, a difference will arise in whenever [ deformation ] between the parts which a lower layer does not deform plastically rather than it, and distortion by it will generate compressive residual stress on a front face. Therefore, if a surface layer is removed by corrosion or a minute crack arises on a front face, distortion will become small and a residual-stress value will decrease.

[0014] Although many things which added Nb and V were used for JIS-SUP7 steel or it as an ingredient of current and a spring, we decided to use the almost same thing as the steel indicated as an ingredient of the spring concerning this invention by above-mentioned JP,3-2354,A further developed as an object for high stress rather than them. The upper limit and the reason for a minimum setup of each quantitative formula are as follows. In addition, each quantitative formula of the ingredient used with JIS-SUP7 steel and the spring of this invention is shown as contrasted with Table 1 for reference.

[Table 1]

成分含有量 (質量%)

	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	N	V
本発明ばね用	0.35	1.60	0.20	0.010	0.40	0.10	0.010	0.05
材料	~ 0.55	~ 3.00	~ 1.50	以下	~ 3.00	~ 1.50	~ 0.025	~ 0.50
JIS-SUP7	0.55	1.80	0.70	0.035	—	—	—	—
	~ 0.65	~ 2.20	~ 1.00	以下	—	—	—	—

[0015] First, C content was set as the range lower than JIS-SUP7 steel (it is hereafter called steel

conventionally). This is for toughness of direction which C content was reduced and increased the content of an alloy element to improve rather than making [ many ] C content, when hardness (reinforcement) is made the same. The improvement in toughness contributes to the improvement in corrosion fatigue strength which this invention makes the purpose greatly by reducing generation and the progress rate of the fatigue crack from a corrosion pit. In addition, even if it carried out the maximum addition of other alloy elements, the minimum of C content was made into 0.35% less than [ this ], because it was difficult to obtain the hardness of the above after heat treatment. Moreover, the upper limit was made into 0.55% for the toughness of an ingredient deteriorating remarkably, when it was made to contain more than this.

[0016] It is known that Si has effectiveness on a setting-proof disposition. Therefore, in order to raise setting-proof nature more, the upper limit of Si content was made into the value conventionally higher than steel in this invention. However, Si is an element which promotes the surface decarburization of steel, and if it is made to contain exceeding 3.00%, the decarbonization at the time of heat treatment cannot disregard it. In this case, since it became difficult to acquire the above-mentioned hardness and a residual-stress value in a front face, the upper limit was specified in this way.

[0017] Mn is an element which has effectiveness in the improvement in hardenability. Conditions indispensable when demonstrating perfectly the improvement effectiveness in toughness of the ingredient by alloy elements, such as Following nickel, perform hardening and tempering sufficient to the core of a spring. At less than 0.2%, since hardening sufficient to a core was not obtained in the case of the spring of a major diameter, Mn made the minimum 0.2%. However, since degradation of toughness posed a problem while the improvement effectiveness in hardenability is saturated in the spring of magnitude usually used, even if it makes it contain exceeding 1.5%, the upper limit was made into 1.5%.

[0018] S combines with Mn in steel and becomes steel with insoluble MnS. Since it is easy to deform MnS plastically, it is extended with rolling etc. and tends to serve as an origin of destruction by the impact, fatigue, etc. Then, it was made for toughness when hardness rises, and fatigue resistance to serve as the average conventionally by making the upper limit of S into 0.010% in this invention.

[0019] nickel has the effectiveness which controls the corrosion of steel while having effectiveness in the improvement in toughness of steel. Control of corrosion raises the corrosion fatigue strength of a spring from both sides of prevention of corrosion pit generation and prevention of reduction in residual stress as above-mentioned. The effectiveness of such nickel cannot be acquired unless it makes it contain 0.4% or more. However, conversely, even if it makes it contain exceeding 3%, while the improvement effectiveness in toughness is saturated, since it is an austenite stabilization element, it makes an austenite remain at the time of hardening, and a possibility of making the transformation to martensite imperfect has it. Moreover, since it is expensive, it also becomes the factor which pushes up the cost of a spring greatly. Therefore, the upper limit was made into 3%.

[0020] Like Mn, Cr has the effectiveness which controls surface decarburization while having effectiveness in the improvement in hardenability. At less than 0.1%, since such effectiveness was hardly able to expect, the minimum was made into 0.1%. However, even if it makes it contain exceeding 1.5%, when such effectiveness is saturated, the evil in which it is made an ununiformity produces a tempering organization. For this reason, the upper limit was made into 1.5%.

[0021] N combines with aluminum in steel, turns into AlN, and deposits in steel as a detailed particle. Since grain growth is barred by this, N has big effectiveness, although crystal grain of steel is made detailed. In order to acquire such effectiveness, it is necessary to make 0.01% or more of N contain. However, if there are too many N contents, it will generate as N<sub>2</sub> gas in steel at the time of manufacture of steel (at the time of coagulation and cooling), and the endoplasm of steel will be degraded. Therefore, the upper limit was made into 0.025%.

[0022] V combines with C, deposits in steel as detailed VC (vanadium carbide), makes crystal grain make it detailed like Above AlN, and raises the toughness of steel. Moreover, by distributing a majority of such detailed carbide in steel, the location which H (hydrogen) which invaded from the outside accumulates can be distributed, and generation of the above-mentioned delayed fracture can be

controlled. In order to acquire such effectiveness, it is necessary to make V contain 0.05% or more. However, without the number of the deposit sites of VC increasing, if it is made to contain exceeding 0.5%, VC is \*\*\*\*\*s and such effectiveness is no longer acquired. Therefore, the upper limit was made into 0.5%.

[0023] P reduces the toughness of steel. Therefore, the effectiveness of raising the corrosion fatigue strength of the spring which raises the toughness of an ingredient, as a result is applied to this invention is acquired by making the content into 0.010% or less. Since especially the spring concerning this invention is what is conventionally used by the high degree of hardness, the improvement in toughness will become important especially.

[0024] Next, with the spring concerning this invention, hardness after heat treatment (hardening and tempering) was made higher than HRC 49-52 which is the general hardness range of the conventional spring, and was set to HRC 50.5-55.0. Although it is for raising fatigue strength, stopping setting corresponding to improvement in working stress (design stress) more than an EQC, even if it raises hardness in this way, since the toughness of this of the ingredient itself is improving, it does not produce the fall of fatigue strength by the various above-mentioned alloy element addition.

[0025] Moreover, although the residual-stress value in the location of 0.2mm was specified as -600 or more MPas under the front face, this can fully be obtained by carrying out shot-peening processing between \*\* of the steel of the above-mentioned hardness on suitable conditions. Not rather than the maximum front face but rather than it, by what is done for the residual stress in the location under 0.2mm in this way, the fall of surface residual stress when a front face corrodes can be prevented effectively, and the fall of corrosion fatigue strength can be suppressed to the minimum.

[0026]

[Example] The property of the ingredient of this invention spring itself was examined about [materials-testing result] corrosion resistance, delayed fracture-proof nature, and toughness by contrast with SUP7 which is a charge of spring material conventionally. The chemical composition of the used ingredient is shown in Table 2. In Table 2, the charge A of this invention spring material makes V content low by above-mentioned component within the limits, and Ingredient C makes low C (carbon) content and S (sulfur) content. Moreover, Ingredient D makes P (Lynn) content low. SUP7 adjusted each tempering temperature so that it might be set to HRC51, so that each ingredient for this invention springs might serve as HRC53.5 in consideration of each busy condition in the hardness of each ingredient.

[Table 2]

試験材料の成分含有量 (質量%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	V
本発明 ばね用 材料A	0.55	1.95	0.99	0.013	0.010	0.50	0.20	0.0116	0.09
本発明 ばね用 材料B	0.53	2.00	0.70	0.015	0.010	0.55	0.20	0.0140	0.20
本発明 ばね用 材料C	0.47	1.98	0.71	0.014	0.005	0.55	0.20	0.0120	0.20
本発明 ばね用 材料D	0.53	2.01	0.98	0.008	0.006	0.49	0.20	0.0110	0.10
従来ばね用 材料 (SUP7)	0.60	1.97	0.90	0.014	0.019	—	—	—	—

[0027] (1) Hydrogen was positively poured into the test piece which attached the delayed fracture notch by electrolysis processing at each ingredient, and it was left where the load of the various stress of 2 is carried out 50 to 120 kgf/mm. the ratio of  $\sigma_{100H}$  at the time of pouring in  $\sigma_{100N}$  and hydrogen when setting to  $\sigma_{100}$  the maximum load stress which delayed fracture does not produce in each ingredient even if it leaves it for 100 hours, and not pouring in hydrogen -- 100 Ns of  $RHRH = \sigma_{100H} / \sigma_{100}$  estimated the delayed fracture-proof property. A result is as being shown in



drawing 1 , and it turned out that the charge of this invention spring material has the intensity ratio also with the ingredient A more expensive 30% or more than SUP7 which is steel conventionally with V content near a minimum.

[0028] (2) The ingredient B with C (carbon) and S (sulfur) content near an upper limit was also found [ the result of having performed the Charpy impact test of toughness each ingredient ] by that the charge of this invention spring material has the toughness value conventionally higher about 15% than steel SUP7 with low hardness as shown in drawing 2 .

[0029] Below a [spring test result] is the result of examining about the spring which has the item manufactured at the process as shown in Table 3 as shown in Table 4.

[Table 3]

2 (VIM)溶解 → 分塊・大形圧延 (130S) → 中小形圧延 → 切削加工 → 成形加工 → 焼入れ → 焼もどし → セッチング → 温間ショットピーニング → テンパー → セッチング
--

[Table 4]

ばね形状	線径 (mm)	コイル径 (mm)	自由長 (mm)	有効巻数 (巻)	ばね定数 (N/mm)
両端OPEN 円筒形	φ 1 1	φ 1 0 0	3 1 1	5 . 2 9	2 7 . 2

[0030] In addition, two sorts, hot-forming processing and cold-forming processing, are contained in the "fabrication" in Table 3.

[0031] (3) The maximum corrosion depth of the spring in each count of a repeat at the time of repeating the corrosion following corrosion cycle a maximum of 35 times was investigated.

Corrosion cycle : (salt fog 3-hour + desiccation 21 hours)

The count of a corrosion cycle and the relation of the maximum corrosion depth are shown in drawing 3 . After repeating 10 times or more of corrosion cycles, this invention spring is understood that advance of corrosion is conventionally slower than a spring clearly. When it follows, for example, is used as a suspension spring of an automobile, especially the fall of the fatigue strength after using the spring concerning this invention for a long period of time is controlled.

[0032] (4) The spring after residual-stress tempering was heated at 250 degrees C, shot peening between \*\* was performed, and the residual-stress distribution from the front face after returning to a room temperature was measured with X wire method. In addition, the shot ball used the thing of hardness Hv520. Consequently, as shown in drawing 4 , it turned out that this invention spring has an internal residual-stress value higher general conventionally than a spring. if its attention is especially paid to a depth of 0.2mm (200 micrometers) from a front face -- the former -- a spring -- up to 430MPa extent -- the bottom -- \*\*\*\* -- with this invention spring, the high value of 800MPa(s) is still held to being. Thereby, reduction of the residual stress by the corrosion from a front face is conventionally suppressed small far rather than steel.

[0033] Moreover, in order to clarify effectiveness of shot peening between \*\* more, the relation of the residual-stress distribution at the time of changing the temperature of the spring at the time of performing shot peening to ordinary temperature and 200-300 degrees C was investigated.

Consequently, as shown in drawing 5 , the value of surface compressive residual stress and the value of the maximum compressive residual stress increase by performing shot peening between \*\*, and also that the value of the residual stress in a part a little deeper than a front face becomes large especially has become whether to be \*\*. This is considered to have contributed to improvement in the fatigue strength after corrosion greatly.

[0034] (5) the trial of setting-proof \*\*\*\* was performed by boiling and changing various hardness of a spring by changing tempering temperature. In addition, in consideration of working stress (design stress) becoming [ the direction of this invention spring ] high, this invention spring was set to  $\tau=1200\text{MPa}$  to the spring of bolting stress being  $\tau=1000\text{MPa}$  conventionally. Moreover, the test condition was made into 80 degree-Cx 96 hours in order to accelerate setting. In spite of having bound this invention spring

tight with high stress as the result was shown in drawing 6 , the amount of setting (residual shear strain) serves as the abbreviation half of a spring conventionally.

[0035] (6) About the spring prepared to various hardness like corrosion fatigue, the corrosion fatigue trial in the condition of not painting was performed. Here, in consideration of the difference in working stress (design stress), by means of a spring, trial stress was conventionally stopped low with  $\tau=490^{**}294\text{MPa}$ , and made this invention spring high with  $\tau=588^{**}353\text{MPa}$ . Consequently, although this invention spring had mean stress and large alternating stress as a whole, it turned out that it has the corrosion fatigue life of a spring and equivalent extent conventionally, as shown in drawing 7 . Especially this invention spring using the ingredient D into which P content was reduced shows the high fatigue strength property. Moreover, it is **\*\*** that the corrosion fatigue strength of this invention spring is also good irrespective of the shaping approach (between the colds and between heat). Although **\*\*\*\*** shot peening is the technique of having aimed at improvement in corrosion fatigue resistance, when endurance is required, the 2nd step of shot peening is performed in ordinary temperature. Surface roughness becomes small by that cause, and endurance improves.

[0036]

[Effect of the Invention] While giving sufficient reinforcement for the ingredient itself, toughness, and corrosion resistance by designing an alloy element content appropriately, even if it uses it with high stress conventionally, equivalent to the former or the setting-proof nature beyond it, and corrosion fatigue strength-proof are securable with the spring concerning this invention by having specified the residual-stress value by temper, the shot-peening processing between **\*\***, and it, as explained above. Therefore, securing the engine performance as usual by using the spring concerning this invention, design stress can be heightened and the weight of a spring can be reduced.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

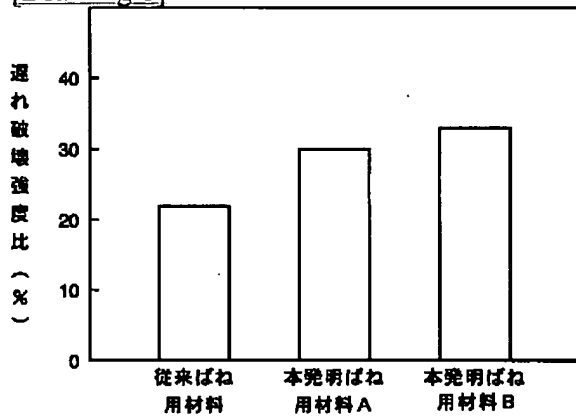
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

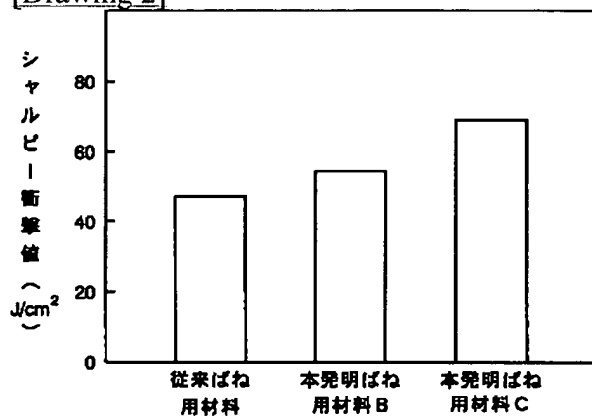
DRAWINGS

---

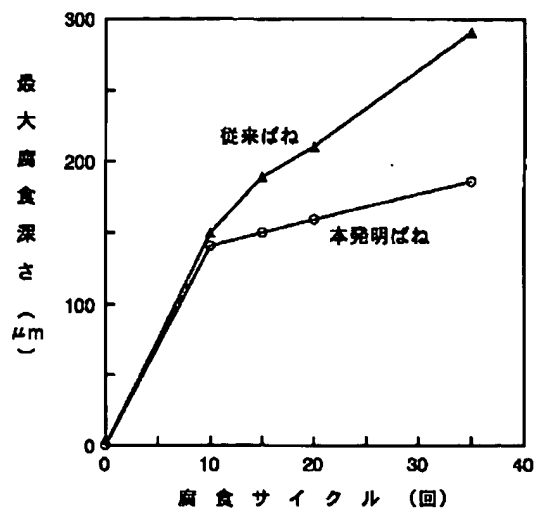
[Drawing 1]



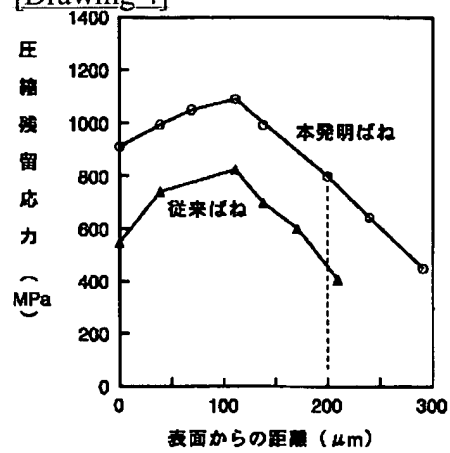
[Drawing 2]



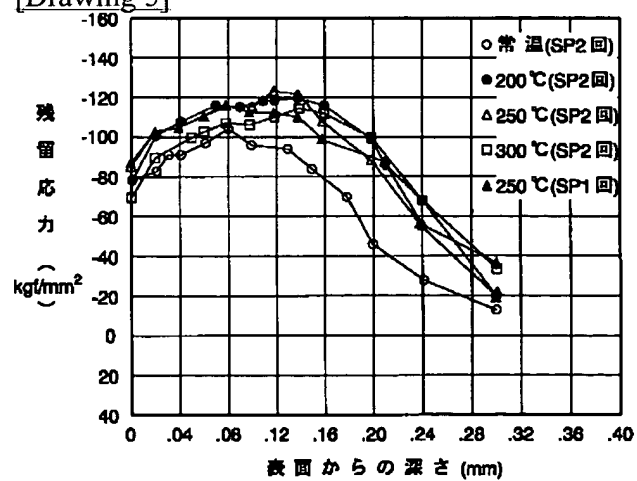
[Drawing 3]



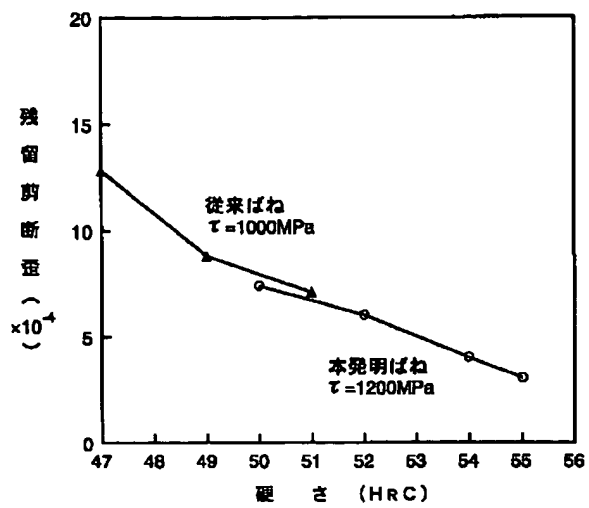
[Drawing 4]



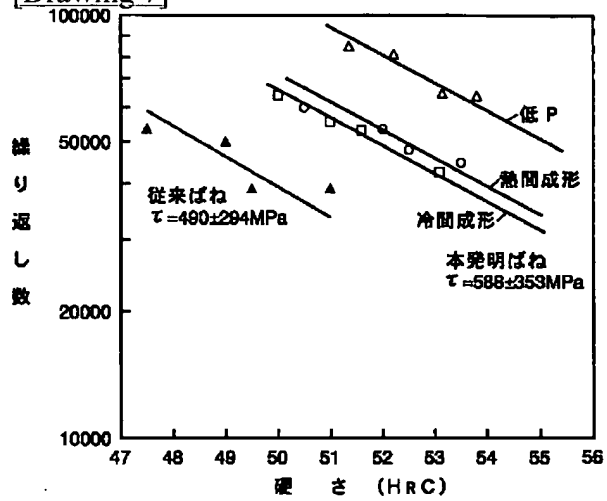
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]